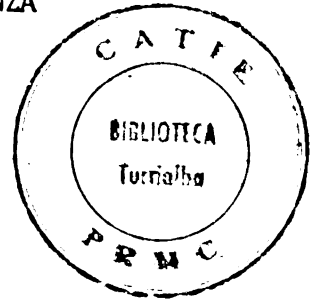


CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA



CURSO BASES HIDROLÓGICAS PARA EL MANEJO DE CUENCAS

Turrialba del 12 al 24 de agosto 1985

ESTADO ACTUAL DE INVESTIGACIÓN, RECOPIACIÓN Y APLICACIÓN
DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO
EN LA ASOCIACIÓN CLIMÁTICA DE L. R. HOLDRIDGE

Preparado por: Oscar Lücke

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
PROGRAMA DE ÁREAS SILVESTRES Y CUENCAS

INTRODUCCION

Los principios de "Balance Hídrico" con sus conceptos de déficits y excedentes fueron desarrollado por el Dr. Warren Thornthwaite. El objetivo de desarrollar el balance hídrico, fue en un principio el de establecer un sistema de clasificación mundial basado en las relaciones existentes entre precipitación y evapotranspiración (Strahler, 1977). Con el tiempo se han desarrollado no solo modificaciones al sistema original, sino que también se ha utilizado dicho sistema en diferentes campos de la agricultura, la actividad forestal, planificación y manejo de los recursos naturales. Algunos ejemplos de la utilidad del balance hídrico son: en el campo forestal, para programar la época de extracción de productos forestales de un área bajo manejo técnico, de manera que se produzca el menor impacto posible con la mayor eficiencia en el uso de la maquinaria. En la planificación de la época de siembra, es muy importante tener una estimación del contenido de humedad del suelo. En la agricultura ha sido usado para calcular los patrones geográficos y estacionales de demanda de irrigación, así como los "stress" de humedad del suelo, bajo los que pueden sobrevivir la vegetación natural y los cultivos y predicción de elevaciones del nivel freático. El sistema también ayuda a estimar las oportunidades de éxito, la forma en como operan y el impacto de cambios ambientales propuestos (Dunne, Leopold, 1978).

Se le considera como un método confiable para la estimación de la evaporación total o evapotranspiración de determinada cuenca.

Si se miden la precipitación y los caudales de una cuenca en forma regular y sistemática, se pueden establecer los valores totales de agua que entra a la cuenca de la atmósfera y los valores de la cantidad total de agua que sale como escorrentía superficial. La diferencia entre las entradas y las salidas en un período de tiempo determinado corresponde según Mora, 1982, a alguno de los factores que se presentan a continuación, o a combinaciones entre ellos.

- a) Al cambio de almacenamiento de agua dentro de la cuenca en lagos, depresiones topográficas o acuíferos subterráneos.
- b) A la diferencia entre el flujo subterráneo que entra y el que sale de la cuenca.
- c) A la evapotranspiración real en la cuenca.

- Ejemplo de aplicación. Cálculo balance hídrico en la asociación climática. Metodología L. R. Holdridge. Estación Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Bosque seco tropical transición a húmedo.

Paso #1

Cálculo de biotemperatura a partir de la temperatura del aire.

Los valores de t^{bio} son iguales a la temperatura del aire en aquellos meses en que la temperatura media mensual del aire es menor o igual a 24 grados centígrados. Cuando la temperatura media mensual del aire es mayor a 24 grados centígrados se aplica la siguiente fórmula:

$$t^{bio} = t - \frac{3x \text{ grados de latitud}}{100} \times (t-24)^2$$

Donde:

t^{bio} = biotemperatura promedio mensual
t = temperatura media mensual del aire

Para calcular la biotemperatura promedio anual se suman las t^{bio} de los 12 meses y se divide por 12.

Paso #2

Cálculo de la evapotranspiración potencial

$$E_{vtp. \text{ Pot.}} = t^{bio} \times \text{constante}$$

Constantes:

5,00 para meses de 31 días
4,84 para meses de 30 días
4,56 para febrero

Ejemplo Paso #2

Mes	t^{bio}	Cte	$E_{vtp. \text{ pot.}}$
Enero	24.1	5,00	121
Febrero	24.0	4,56	109
Marzo	24.3	5,00	122
Abril	24.5	4,84	119
Mayo	25.2	5,00	126
Junio	25.5	4,84	123

Con datos de precipitación y caudales confiables, y cuyo período de registro sea estadística e hidrológicamente adecuado, se pueden determinar los cambios en el comportamiento de (a). En el caso de que las condiciones geológicas indiquen que puede haber flujos subterráneos de importancia (b), estos pueden ser cuantificados en forma bastante precisa mediante la observación directa de los niveles freáticos o piezométricos. Si hemos medido el cambio de almacenamiento, los flujos subterráneos (si existen), la precipitación total, la escorrentía superficial que sale de la cuenca; podemos obtener el valor de la evapotranspiración real mediante la siguiente fórmula:

$$E = P + I \pm V - O \pm S$$

E = Evapotranspiración real

P = Precipitación total

I = Escorrentía superficial hacia la cuenca (si existe)

V = Flujo subterráneo

O = Escorrentía superficial que sale de la cuenca

S = Cambio de almacenamiento

- Se calcula para los doce meses
- Se calcula al milímetro más cercano para cada mes
- Evapotranspiración total anual se suman los valores de los doce meses.

Tabla _____ Cálculo del Balance Hídrico en la Asociación Zonal con Vegetación Natural Madura (Parastal) para _____													
Elevación _____ metros, Latitud _____		Norte, Longitud _____				Oeste _____							
Promedio: Años de Registro	MESES DEL AÑO												Año
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
1 Temperatura media °C													
2 BIOTEMPERATURA media °C	24.1	24.0	24.3	24.5	25.2	25.5	25.8	26.0	26.0	25.7	26.0	25.8	25.2
3 EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL m.m.	121	109	122	119	126	123	124	130	126	129	126	129	1489
4 PRECIPITACION m.m.													
5 EVAPOTRANSPIRACION REAL m.m.													
6 Sobrante de Agua m.m.													
7 Recargamiento del Suelo m.m.													
8 Retenido del Suelo m.m.													
9 Agua almacenada en el Suelo al final del mes m.m.													
10 ESCORRENTIA Total m.m.													
11 Agua en el Suelo Deficiencia al final del mes m.m.													
12 Deficiencia de Precipitación m.m.													
13 Deficiencia Total de Humedad m.m.													
14 Condición de Humedad													
Zona de Vida _____ Años de Registro _____													
Temperatura - Precipitación.													

Paso #3

En base a un período de registros de precipitación largo se obtienen los promedios de precipitación para cada mes. La precipitación total anual es la suma de los doce meses.

Paso #4

Cuando la precipitación total anual es igual o mayor que la evapotranspiración potencial total anual, la evapotranspiración real es igual a la potencial en los meses en que la evapotranspiración potencial es excedida por la precipitación total anual.

Ej.: Evapotranspiración potencial total anual = ~~1403~~ 1489
 Precipitación total anual = ~~1662~~ 1665

1661 > 1403

Paso #5

a- Se calcula la deficiencia de precipitación para los meses en que la evapotranspiración potencial excede a la precipitación.

$$\text{Evapotranspiración potencial} - \text{precipitación} = \text{deficiencia de precipitación}$$

Ejemplo:

Mes	Evtp. pot.	Pption.	Deficiencia de pption
Enero	121	5.0	116
Febrero	109	16	93
Marzo	122	5.0	117
Abril	119	40	79
Noviembre	126	81	45
Diciembre	129	7.0	122

- En las columnas en que no hay sobrante de agua se coloca un guión
- Los valores de sobrante de agua se suman y se coloca el total en la última columna.

Nombre _____		Cálculo del Balance Hídrico en la Asociación Zonal con Vegetación Natural Mesero (Forestal) para...												
Elevación _____ metros; Latitud _____ Norte; Longitud _____ Oeste														
Promedio: Años de Registro _____		MESES DEL AÑO												
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
1	Temperatura media °C													
2	TEMPERATURA media °C													
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL mm													
4	PRECIPITACION mm	5.0	16	5.0	40	207	278	174	188	312	350	81	7.0	1665
5	EVAPOTRANSPIRACION REAL mm													
6	Sobrante de Agua mm													
7	Resarcimiento del Suelo mm													
8	Reserva del Suelo mm													
9	Agua almacenada en el Suelo al final del mes mm													
10	ESCORRENTIA Total mm													
11	Agua en el Suelo Deficiencia al final del mes mm													
12	Deficiencia de Precipitación mm	116	93	117	79	-	-	-	-	-	-	45	122	
13	Deficiencia Total de Humedad mm													
14	Condición de Humedad													
Zona de Vicio _____		Años de Registro _____												
		Temperatura - Precipitación.												

Paso #6

Calculo de la humedad disponible a fin de mes y del porcentaje de agua con uso restringido.

a- Calcular el agua total que puede ser almacenada en el suelo.

- Se supone un suelo zonal para la zona de vida de estudio
- Capacidad de campo es equivalente a:

10% de la precipitación total anual para estaciones en los pisos altitudinales tropical basal y premontano

75% de la precipitación total anual para estaciones en el piso altitudinal montano bajo

50% de la precipitación total anual para estaciones en el piso altitudinal montano.

Ejemplo:

Estación Cañas

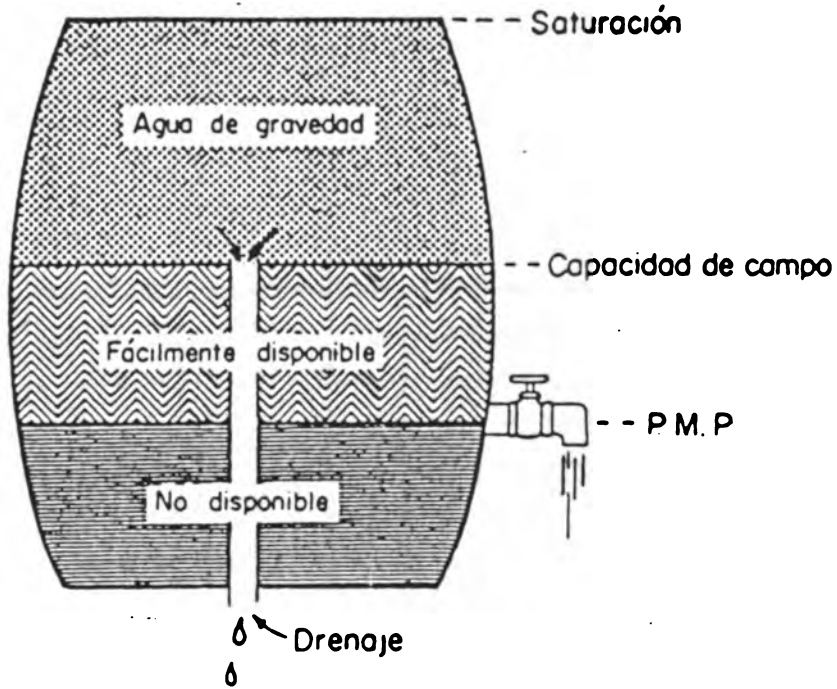
Zona de vida: Bosque seco tropical transición a húmedo
Precipitación
total anual: 1665 mm
Capacidad de
campo: $1665 \times 0,10 = 166 \text{ mm}$

En los meses en que la precipitación promedio mensual excede a la evapotranspiración potencial, se coloca el valor de capacidad de campo en la línea de agua almacenada en el suelo al final del mes mm.; excepto en el primer mes en que la precipitación excede a la evapotranspiración potencial. En este mes el total del sobrante de agua se utiliza para recargar el suelo.

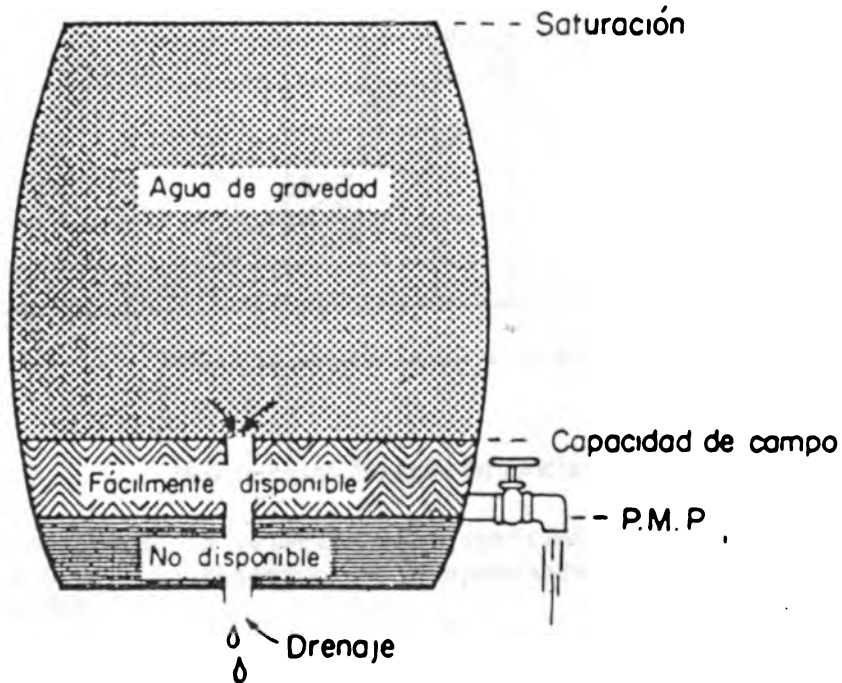
b- Se obtiene el factor "f"

Se ubica el punto de intersección de las líneas de proyección de los valores de biotemperatura promedio anual y de precipitación total anual en el triángulo de zonas de vida ecológicas de L.R. Holdridge. El punto ubicado se proyecta paralelo a las líneas guía hacia los valores de relación de evapotranspiración potencial. Luego se interpola el valor del factor "F" a partir de los valores superpuestos a los de relación de evapotranspiración potencial (ver Anexo No. 1). Dichos valores son tomados del nomograma de movimientos del agua en asociaciones climáticas, p.83 (Holdridge 1978). En este ejemplo el factor es = 0.52.

CARACTERISTICAS DE HUMEDAD DE DIFERENTES TIPOS DE SUELOS



El barril representa las características de humedad de un suelo arcilloso



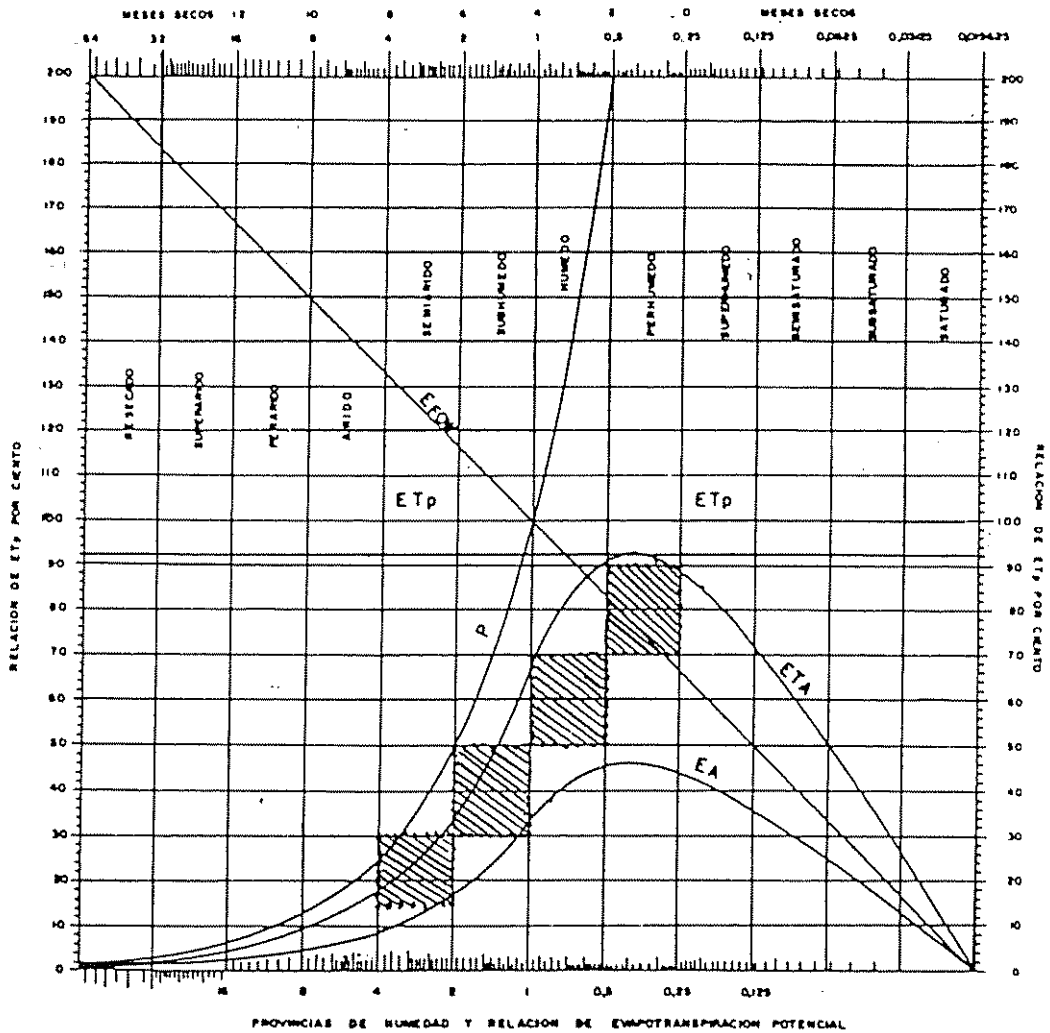
El barril representa las características de humedad de un suelo arenoso

Tomado de:

Paulet Iturri. 1979. Relación Agua Suelo Planta. IICA - OEA. 97p.

MOVIMIENTOS DEL AGUA EN ASOCIACIONES CLIMATICAS

Tomado de: Holdridge L. R. 1978. Ecología Basada en Zonas de Vida. IICA - OEA. CR. 1590.

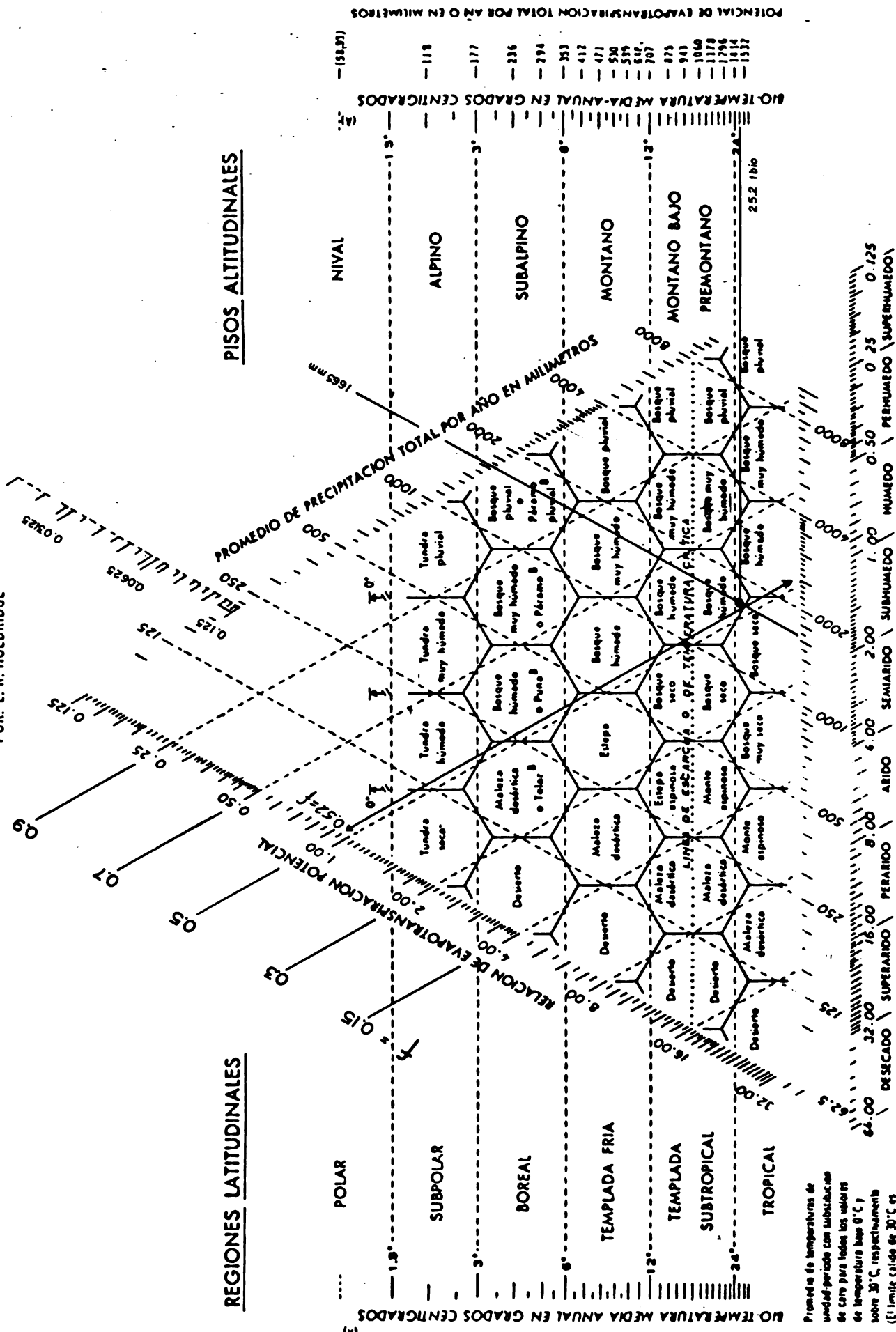


Movimientos del agua en asociaciones climáticas.

Para el bioclima perhúmedo la relación de evapotranspiración potencial tiene un rango de 0.5 a 0.25. La relación de evapotranspiración por ciento tiene un rango de 70% a 90%. La relación de ETP por ciento para el mismo rango va de 70 a 90. Números superpuestos en el triángulo sobre los de relación de evapotranspiración potencial 0.70 0.90.

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES DEL MUNDO

POR: L. R. HOLDRIDGE



(A) Promedio de temperaturas de un período con subsección de cinco para todos los valores de temperatura bajo 0°C y sobre 30°C, respectivamente (El límite cálido de 30°C es provisional, pendiente a más información)

Si:

Deficiencia de precipitación < = > cantidad de agua libre

122

103

Agua almacenada en el suelo al final del mes (mes anterior)

% de agua de uso restringido

121

63 = 0.52 x 122

Entonces: - Restado del suelo = % de agua de uso restringido

Agua almacenada en el suelo al final del mes (mes de análisis)	=	Agua almacenada en el suelo al final del mes (mes anterior)	-	Restado del suelo (mes de análisis)
--	---	---	---	-------------------------------------

- Agua en el suelo: deficiencia al final mes (línea 11)	=	Valor de capacidad de campo	-	Agua almacenada en el suelo al final del mes
---	---	-----------------------------	---	--

- Evapotranspiración real = restado del suelo + precipitación

Restado del suelo (línea No. 8) = 63

Agua almacenada en el suelo al final del mes (línea No. 9) = 121 - 63 = 58

Agua en el suelo: Deficiencia al final del mes (línea 11) = 166 - 58 = 108

Deficiencia de precipitación = 129 - 7 = 122

Deficiencia total de humedad = 108 + 122 = 230

Evapotranspiración real = 63 + 7 = 70

Enero

% de agua de uso restringido = 58 x 0.52 = 30

Valor 70% del valor de capacidad de campo = 166 x 0.70 = 116.2

Deficiencia de precipitación = 121 - 5 = 116

% de agua de uso restringido = 58 x 0.52 = 30

Restado del suelo = 58 - 30 = 28 (ver nostra pag. 7)

Cantidad de agua libre = 166 - 30 = 136

Agua en el suelo: deficiencia al final del mes = 166 - 30 = 136

Agua libre restante = 136 - 28 = 108

Si: Deficiencia de precipitación < = > cantidad de agua libre

Agua almacenada en el suelo al final del mes (mes anterior)	>	% de agua de uso restringido
58	>	30
Agua libre restante	<	Deficiencia de precipitación
108	<	116

Entonces:

NOTA: En este caso el % de agua de uso restringido es el remanente de agua del agua almacenada al final del mes del mes anterior después de sustraer el valor del restado del suelo del mes de análisis, ya que la deficiencia de precipitación es menor que el 70% del valor de capacidad de campo. El restado del suelo no puede ser mayor que el 50% del valor del agua almacenada al final del mes del mes anterior. El % de agua de uso restringido se anota como agua almacenada en el suelo a fin de mes (mes de análisis) y el restado del suelo se obtiene restando el % de agua de uso restringido al agua almacenada en el suelo al final del mes.

% de agua de uso restringido	=	Agua almacenada en el suelo al final del mes	= 30
Restado del suelo	=	58 - 30	= 28
Agua en el suelo: deficiencia Al final del mes	=	166 - 30	= 136
Deficiencia total de humedad	=	136 + 116	= 252
Evapotranspiración real	=	28 + 5	= 33

Febrero

% de agua de uso restringido	=	30 x 0.52	= 16
Deficiencia de precipitación	=	109 - 16	= 93
Cantidad de agua libre	=	166 - 16	= 150
Restado	=	30 - 16	= 14 (ver Nota pag. 7)
Agua libre restante	=	166 - 16	= 150

Si: Deficiencia de precipitación < = > Cantidad de agua libre
93 < 150

Agua almacenada en el suelo > % de agua de uso restringido
al final del mes (mes anterior)
30 > 16

Entonces:

Restado del suelo = 30 - 16 = 14 (Ver nota página 7)
Evapotranspiración real = 14 + 16 = 30
Agua en el suelo: Deficiencia al final del mes = 166 - 16 = 150
Deficiencia total de humedad = 93 + 150 = 243

Marzo

% de agua de uso restringido	=	16 x 0.52 = 8	
Deficiencia de precipitación	=	122 - 5 = 117	
Cantidad de agua libre	=	166 - 8 = 158	
Restado del suelo	=	16 - 8 = 8	(en este caso es 7, ver nota pág. 7)
Agua libre restante	=	158 - 8 = 150	

Si:

Deficiencia de precipitación	< = >	Cantidad de agua libre
117	<	158
Agua almacenada en el suelo al final del mes (mes anterior)	>	Porcentaje de agua de uso restringido
16	>	8

Entonces:

Evapotranspiración real	=	7 + 5 = 12
Agua almacenada en el suelo al final del mes	=	16 - 7 = 9
Agua en el suelo deficiencia al final del mes	=	166 - 9 = 157
Deficiencia total de humedad	=	157 + 117 = 274

Abril

% de agua uso restringido	=	9 x 0.52 = 4,68
Deficiencia de precipitación	=	119 - 40 = 79
Agua libre	=	116 - 4.68 = 161.32
Restado del suelo	=	9 - 4.68 = 4.32 = 4

Si:

Deficiencia de precipitación	< = >	Cantidad de agua libre
79	<	161.32
Agua almacenada en el suelo al final del mes anterior	>	Porcentaje de agua de uso restringido
9	>	4.68

Entonces:

Evapotranspiración real	=	40 + 4 = 44
Agua almacenada en el suelo al final del mes	=	166 - 5 = 161
Deficiencia total de humedad	=	161 + 79 = 240

Paso #7

Cálculo de la evapotranspiración real para meses en que la evapotranspiración potencial excede a la precipitación.

El cálculo de la evapotranspiración real se inicia en el primer mes en que la evapotranspiración potencial excede a la precipitación.

a- Para el primer mes en que el agua almacenada en el suelo al final del mes (línea No. 9) no es el valor de capacidad de campo, se procede a calcular los siguientes valores:

- Restado del suelo (línea No. 8) y agua en el suelo: Deficiencia al final del mes (línea No. 11)

En este caso el restado del suelo es igual a la deficiencia de precipitación (línea No. 12). Se considera también que el agua en el suelo: deficiencia al final del mes _____ es igual al restado del suelo.

- Agua almacenada al final del mes (línea No. 9)

En este caso el agua almacenada al final del mes es igual al valor de agua almacenada al final del mes del mes precedente al mes de análisis menos el restado del suelo.

Cálculo del Balance Hídrico en la Asociación Zonal con Vegetación Natural Madura (Forestal) para: Estación Cañas, Guanacaste														
Tabla _____		Elevación		metros, Latitud		Norte, Longitud		Oeste						
Promedio. Años de Registro	MESES DEL AÑO													Año
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		
1 Temperatura media °C														
2 BIOTEMPERATURA media °C	24.1													
3 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL mm	121													
4 PRECIPITACIÓN mm	5.0													
5 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL mm	33													
6 Sobrante de Agua mm	-													
7 Recargamiento del Suelo mm	-													
8 Restado del Suelo m. m	28													
9 Agua almacenada en el Suelo al final del mes mm	30	16	9	5	88	166	166	166	166	166	121	58		
10 ESCORRENTIA Total mm	-													
11 Agua en el Suelo Deficiencia al final del mes mm	136													
12 Deficiencia de Precipitación mm	116													
13 Deficiencia Total de Humedad mm	252													
14 Condición de Humedad														
Zona de Vida Bosque seco tropical, Trans. a húmedo														
Años de Registro: _____														
Temperatura - Precipitación														

Mayo

En mayo todo el sobrante de agua se utiliza en el recargamiento del suelo (línea No. 7). El restado del suelo es igual a cero. El agua almacenada en el suelo al final del mes es igual a la suma del agua almacenada en el suelo al final del mes anterior más el sobrante de humedad. La evapotranspiración real es igual a la potencial.

Agua en el suelo: deficiencia al final del mes = $166 - 88 = 78$. Esta se considera como la cantidad necesaria para terminar de recargar el suelo en el mes siguiente, se anota en la línea 6 del mes siguiente (junio).

Paso #8

Se calcula el total promedio del año para la evapotranspiración (línea 5), el sobrante de agua (línea 6), el escurrimiento (línea 10) y el faltante de precipitación (línea 12). Se obtienen sumando los valores mensuales respectivos. Las líneas 7, 8, 9, 11, y 13 no llevan totales anuales.

Paso #9 Determinación de la condición de humedad del suelo
(línea 14)

Para estimar este parámetro se consideran la humedad disponible en el suelo al fin del mes y el porcentaje de agua restringida.

Se determina en la línea de humedad disponible a fin del mes, entre que meses se presenta el porcentaje de agua con uso restringido. Se toman los valores de humedad de estos meses para determinar las fechas en que se inicia o termina la estación seca o húmeda. Para cada mes se toman el valor de humedad y el valor de humedad del mes anterior, al mayor se le resta el menor y luego ese valor se divide por el número de días que tiene el mes del valor superior. Del mismo valor de humedad mayor se resta el % de agua de uso restringido y la cantidad obtenida se divide por el resultado de la operación anterior se determina así la fecha en que se inicia la estación seca o finaliza la húmeda. Aquellos meses con escurrimiento superior a la capacidad de campo se consideran muy húmedos.

Ejemplo general de aplicación de la metodología de balance hídrico, Cuenca superior y media del río Balsar, suroeste de Costa Rica

Balance hídrico de la cuenca:

El balance hídrico presentado es una modificación del método Thornthwaite por Holdridge, el cual ha introducido algunos cambios en definiciones y cálculos de los parámetros (ver cuadro No. 17).

La biotemperatura media se presenta como el dato básico para calcular la evapotranspiración potencial en la cuenca. La biotemperatura es el promedio mensual de temperaturas que se encuentran en un rango entre 0 °C y 30 °C, lo que se considera un aspecto de suma importancia para el cálculo de la evapotranspiración, ya que se define que el crecimiento vegetativo tiene lugar en ese rango, debido a la influencia directa de los procesos fisiológicos de la vegetación en los valores de transpiración.

En este caso la precipitación empieza a exceder a la evapotranspiración potencial en el mes de abril, lo que se prolonga hasta el mes de diciembre. Se tiene un excedente de agua, por lo que no hay limitaciones para el desarrollo de la vegetación. En este caso, los suelos se encuentran por lo menos a capacidad de campo y se considera que los valores de evapotranspiración potencial, y el excedente de agua se calcula como escorrentía total, excepto en el mes de abril en que el agua se utiliza para recarga del suelo.

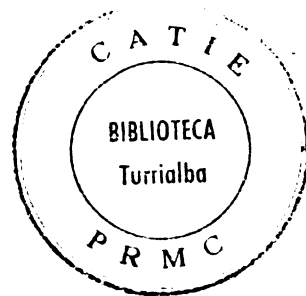
En el mes de enero la evapotranspiración empieza a exceder a la precipitación y la vegetación empieza a extraer humedad del suelo, lo que se supone como restado del suelo, la cantidad de agua almacenada en el suelo al final del mes disminuye de lo considerado como capacidad de campo y empieza la deficiencia de agua al final del mes, la deficiencia de precipitación y la deficiencia total de humedad.

Se consideran como períodos efectivamente húmedos y efectivamente secos, aquellas extensiones de tiempo del año, en que la temperatura no es un factor limitante y en que el contenido de humedad en el suelo es, o no suficiente para el crecimiento normal de la vegetación. En este caso la época seca se extiende del 30 de enero al 27 de febrero. Se definen dos períodos húmedos que van del 27 de febrero al 30 de agosto y del 30 de octubre al 30 de enero. También se considera en este caso como muy húmedo, el período de tiempo entre el 30 de agosto y el 30 de octubre.

Ejemplo general de aplicación de la metodología de balance hídrico, Cuenca superior del río Siquirres, este de Costa Rica.

En el caso de la cuenca del río Balsar, mencionado anteriormente, se presentaban meses en que la evapotranspiración potencial excedía a la precipitación promedio lo cual tiene como consecuencia una diferencia entre la evapotranspiración real y la potencial. Las plantas, al haber limitaciones de humedad en el suelo, no transpiran a su máxima capacidad, debido principalmente a que la transferencia osmótica del agua se reduce, lo cual a su vez es causado por un aumento en la tensión del suelo (Paulet, 1979 y Kramer,).

En el caso de la cuenca del río Siquirres no existe déficit de precipitación; o sea, que esta es mayor que la evapotranspiración potencial durante todo el año. En este caso, se asume que la evapotranspiración real y potencial por lo menos son iguales. Las plantas transpiran su máxima capacidad.



Cálculo del Balance Hídrico en la Asociación Zonal con Vegetación Natural Madura
 (Forestal) para... ESTACION Nº 098 - 002 PALMAR SUR
 Elevación 16.0 metros; Latitud 08° 57' Norte; Longitud 83° 28' Oeste

	Promedio: Años de Registro	MESES DEL AÑO												
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
1	Temperatura media °C	26.1	26.2	26.7	26.6	26.1	25.8	25.4	25.3	25.3	25.0	25.4	25.8	25.8
2	BIOTEMPERATURA media °C	26.1	26.2	26.7	26.6	26.1	25.8	25.4	25.3	25.3	25.0	25.4	25.8	25.8
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL m.m.	130.5	119.5	133.5	128.7	130.5	124.9	127.0	126.5	122.5	125.0	122.9	129.0	1520.5
4	PRECIPITACION m.m.	54.1	51.9	81.5	227.2	415.3	411.2	371.1	421.9	495.4	700.0	360.0	136.1	3722.0
5	EVAPOTRANSPIRACION REAL m.m.	130.5	119.5	133.5	128.7	130.5	124.9	127.0	126.5	122.5	125.0	122.9	129.0	1520.5
6	Sobrante de Agua m.m.	-	-	-	98.5	284.8	286.3	244.1	295.4	372.9	575.0	237.1	7.1	2401.3
7	Recargamiento del Suelo m.m.	-	-	-	98.5	97.5	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Restado del Suelo m.m.	76.4	67.6	52.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Agua almacenada en el Suelo al final del mes m.m.	295.8	228.2	176.2	274.7	374.2	372.2	372.2	372.2	372.2	372.2	372.2	372.2	-
10	ESCORRENTIA Total m.m.	-	-	-	-	187.3	286.3	244.1	295.4	372.9	575.0	237.1	7.1	2205.2
11	Agua en el Suelo: Deficiencia al final del mes m.m.	76.4	144.0	196	97.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Deficiencia de Precipitación m.m.	76.4	67.6	52.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	196.0
13	Deficiencia Total de Humedad m.m.	152.8	211.6	171.6	97.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Condición de Humedad	Húmedo	Seco				Húmedo			Muy Húmedo			Húmedo	

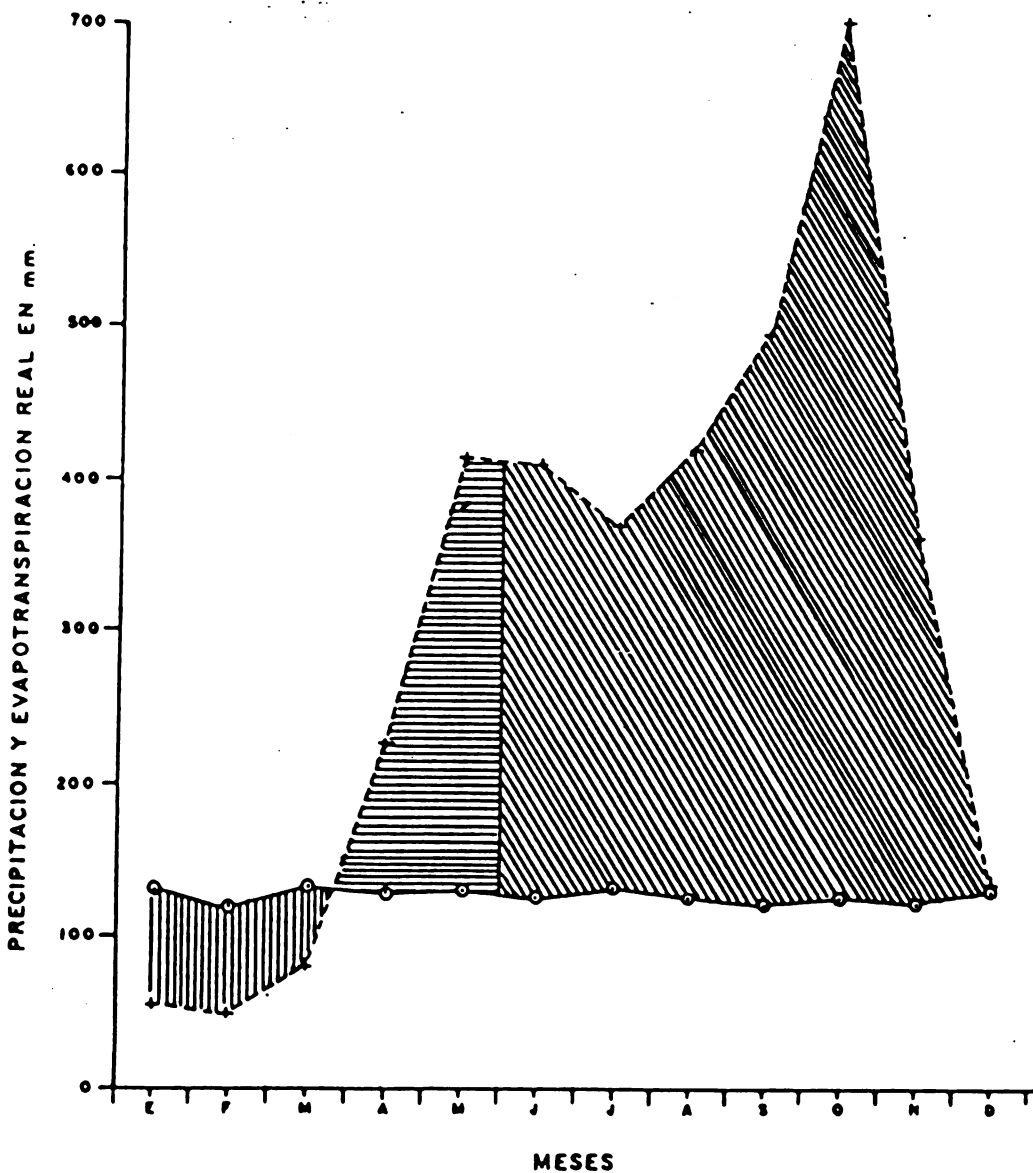
Zona de Vida BOSQUE MUY HUMEDO TROPICAL

Años de Registro
 Temperatura 20... - Precipitación 20

Observaciones

BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA SUPERIOR Y MEDIA DEL RIO BALSAR

CORTES - PUNTARENAS



- PRECIPITACION EN M.M.
- EVAPOTRANSPIRACION REAL
- UTILIZACION DE LA HUMEDAD DEL SUELO

- RECARGA DE LA HUMEDAD DEL SUELO
- EXCEDENTE DE AGUA

FUENTE: FOREST ENVIRONMENTS IN TROPICAL LIFE ZONES, L. R. HOLDRIDGE Y OTROS

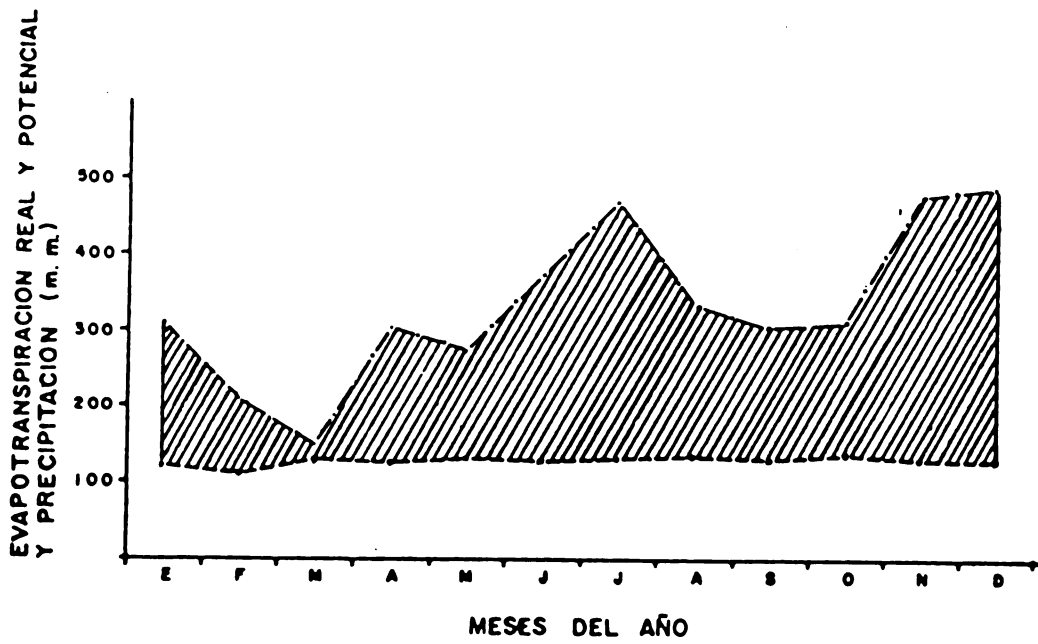
BALANCE HIDRICO ESTACION SIQUIRRES

Elevación: 70 m. s. n. m.
 Latitud: 10° 06' Norte
 Longitud: 83° 31' Oeste
 Zona de vida: Bosque muy húmedo premontano transición a basal.

Promedio: Años de registro	MESES DEL AÑO												
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO
1 Biotemperatura °C	24.3	24.9	25.9	26.4	26.5	26.4	25.9	26.0	26.5	26.4	25.6	24.9	309.7
2 Evapotranspiración Potenc. mm.	121.5	113.54	129.5	127.78	132.5	127.78	129.5	130.0	128.26	132.0	125.36	124.5	1522.22
3 Precipitación mm.	310.7	211.4	151.6	301.9	271.1	366.4	463.5	328.2	302.9	305.5	468.4	480.1	3961.7
4 Evapotranspiración Real mm.	121.5	113.54	129.5	127.78	135.2	127.78	129.5	130.0	128.26	132.0	125.36	124.5	1522.22
5 Sobrante de agua mm.	189.2	97.86	22.1	174.12	138.6	238.62	334.0	198.2	174.64	173.5	343.04	355.6	2439.48
6 Recargamiento del suelo mm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 Restado del suelo mm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 Agua almacenada en el suelo al final del mes mm.	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396
9 Escorrentía total mm.	189.2	97.86	22.1	174.12	138.6	238.62	334.0	198.2	174.64	173.5	343.04	355.6	
10 Agua en el suelo: Deficiencia al final del mes mm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 Déficit de precipitación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Déficit total de humedad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PRECIPITACION VRS. EVAPOTRANSPIRACION

ESTACION SIQUIRRES



PRECIPITACION

PERIODO ANALIZADO (1967-1978)

EVAPOTRANSPIRACION REAL Y POTENCIAL

EXCEDENTE DE AGUA 

Anexo No. 1

Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo.

Anexo No. 2

Cálculo del balance hídrico para la Estación Cañas, Guanacaste; zona de vida Bosque Seco Tropical Transición a húmedo.

ANEXO NO. 2

Tabla _____ Cálculo del Balance Hídrico en la Asociación Zonal con Vegetación Natural Madura (Forestal) paré... *Bosque SECO TROPICAL TRANSICIÓN A HÚMEDO. ESTACIÓN CAÑAS*

Elevación metros; Latitud - Norte; Longitud Oeste

	Promedio: Años de Registro	MESES DEL AÑO												Año			
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.				
1. Temperatura media °C																	
2. BIOTEMPERATURA media °C		24.1	24.0	24.3	24.5	25.2	25.5	25.8	26.0	26.0	25.7	26.0	26.0	25.7	26.0	25.8	25.2
3. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL mm.		121	109	122	119	126	123	129	130	126	129	126	126	129	126	129	1489
4. PRECIPITACION mm		5	16	5	40	209	278	174	186	312	350	81	7	1665			
5. EVAPOTRANSPIRACION REAL mm.		33	30	12	44	126	123	129	130	126	129	126	126	129	126	70	1078
6. Sobrante de Agua mm.		-	-	-	-	83	155	45	58	186	221	-	-	-	-	-	-
7. Recargamiento del Suelo mm.		-	-	-	-	83	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Restado del Suelo mm.		28	14	7	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	63	-
9. Agua almacenada en el Suelo al final del mes mm.		30	16	9	5	88	166	166	166	166	166	166	166	166	121	58	-
10. ESCORRENTIA Total mm.		-	-	-	-	-	77	45	58	186	221	-	-	-	-	-	587
11. Agua en el Suelo: Deficiencia al final del mes mm		136	150	157	161	78	-	-	-	-	-	-	-	-	45	108	-
12. Deficiencia de Precipitación mm		116	93	117	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	122	-
13. Deficiencia Total de Humedad mm		252	243	274	240	78	-	-	-	-	-	-	-	-	90	230	-
14. Condición de Humedad																	

Zona de Vida

Años de Registro

Bosque SECO TROPICAL TRANSICIÓN A HÚMEDO

Temperatura - Precipitación.....

Observaciones: LA ESTACIÓN CAÑAS CAMBIÓ DE UBICACIÓN EN ENERO 1975 DE LA HACIENDA LA PACÍFICA A CAÑAS, GUANACASTE. EJEMPLO TOMADO DE HOLDRIDGE, L.R. 1971. FOREST ENVIRONMENTS IN TROPICAL LIFE ZONES

BIBLIOGRAFIA

- DUNNE, T., LEOPOLD, L. 1978. Water in Environmental Planning. W. H. Freeman and Company. San Francisco, United States of America. 818 pp.
- HOLDRIDGE, L. R. 1971. Forest Environments in Tropical Life Zones. A Pilot Study. Pergamon Press. New York, USA. 747 pp.
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología Basada en Zonas de Vida. IICA - OEA. San José, Costa Rica. 159 pp.
- KRAMER, P. 1974. Relaciones Hídricas de Suelo y Plantas. Duke University Botany Department. Edutex. Mexico D. F., Mexico. 533 pp.
- LUCKE, O. 1980. Estudio Preliminar de la Cuenca del Río Siquirres, Limón. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica. 33 pp.
- LUCKE, O., RAMIREZ, G. 1980. Inventario Nacional de Cuencas Potencialmente Utilizables para Abastecimiento de Agua. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica. 130 pp.
- LUCKE, O., RAMIREZ, G., 1983. Estudios Básicos de la Cuenca Superior y Media del Río Balsar Cortés Puntarenas. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica. 90 pp.
- PAULET, M. 1979. Relación Agua Suelo Planta. IICA - OEA. Santo Domingo, República Dominicana. 97 pp.
- STRAHLER, A. 1977. Geografía Física. Tercera Edición. Ediciones Omega. Universidad de Columbia. Barcelona, España. 767 pp.
- TOSI, T.A., ZADROGA, F. et al. 1975. El Proyecto Boruca: Futuro Impacto Ecológico sobre el Hombre y la Naturaleza en el Sureste de Costa Rica y Medidas para su Mitigación y Control. (Documento no publicado). Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 247 pp.

Punto N°1

Tabla _____ Cálculo del Balance Hídrico en la Asociación Zonal con Vegetación Naturo Madura
 (Forestal) para... Estación Nicoya, Guanacaste, COSTA RICA
 Elevación 120 metros; Latitud 10°09' Norte, Longitud 85°27' Oeste

Promedio: Años de Registro	MESES DEL AÑO												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
1 Temperatura media °C	19.7	20.2	21.1	21.4	21.2	20.9	21.0	20.6	20.9	20.8	20.1	19.5	
2 BIOTEMPERATURA media °C													
3. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL m.m.													
4 PRECIPITACION m.m.													
5 EVAPOTRANSPIRACION REAL m.m.	10	2	36	57	262	280	264	311	459	400	128	22	
6 Sobrante de Agua m.m.													
7 Recargamiento del Suelo m.m.													
8 Restado del Suelo m. m.													
9 Agua almacenada en el Suelo al final del mes m.m.													
10 ESCORRENTIA Total m. m.													
11 Agua en el Suelo Deficiencia al final del mes m.m.													
12. Deficiencia de Precipitación m.m.													
13. Deficiencia Total de Humedad m.m.													
14. Condición de Humedad													

Zona de Vida Bosque Húmedo Tropical
 Años de Registro Temperatura 17... - Precipitación 10...

Observaciones